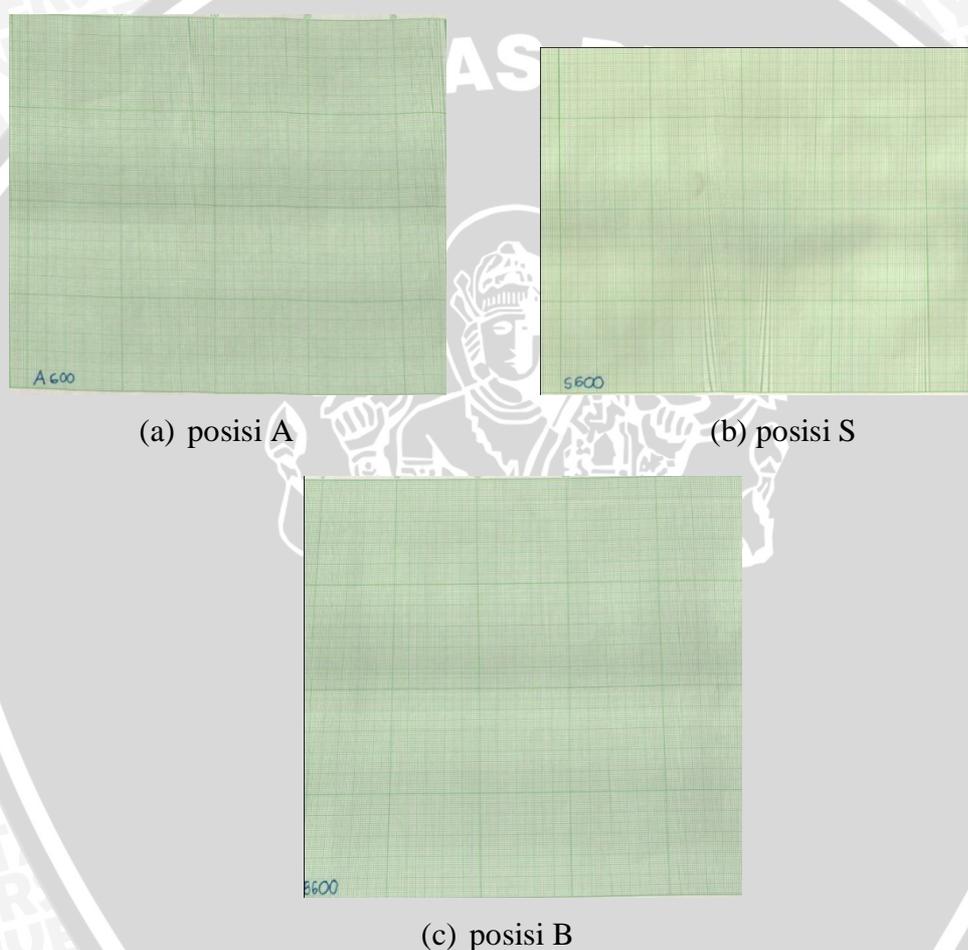


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kalibrasi Pengukuran

Kalibrasi diperlukan karena suatu alat tidak bisa digunakan langsung begitu saja, perlu dilakukan pengukuran sederhana apakah alat tersebut akurat atau tidak. Kalibrasi pada penelitian ini dilakukan menggunakan *portable scanner*. Pemindaian dilakukan pada tiga posisi dengan resolusi gambar 600dpi.



Gambar 4.1 Hasil pemindaian untuk kalibrasi

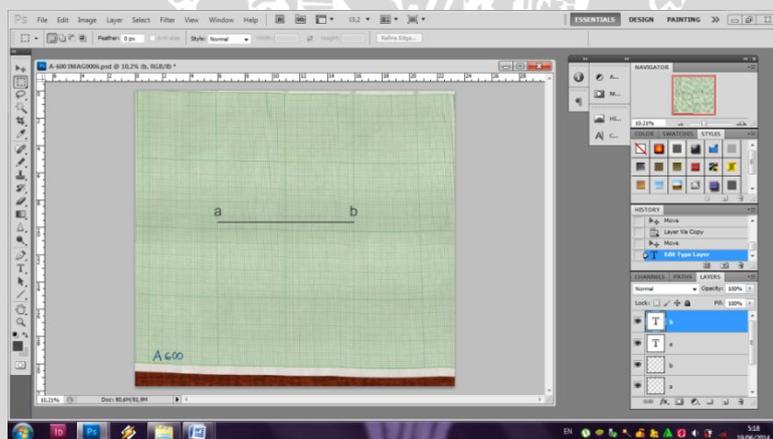
Hasil pemindaian menggunakan *portable scanner* dapat dilihat pada **Gambar 4.1**. Ditampilkan pada **Gambar 4.1.(a)** adalah hasil pemindaian dengan kertas millimeter menghadap atas. Pemindaian dengan posisi demikian dinotasikan dengan A. **Gambar 4.1.(b)** adalah hasil pemindaian dengan kertas millimeter dalam posisi vertikal. Pemindaian dengan posisi demikian dinotasikan dengan S. **Gambar 4.1.(c)**

adalah hasil pemindaian kertas millimeter menghadap bawah. Pemindaian dengan posisi demikian dinotasikan dengan B.

Ketiga gambar hasil pemindaian dibuka menggunakan perangkat lunak pengolah dan manipulasi gambar, Adobe Photoshop. Pada kertas millimeter tersebut ditandai terlebih dahulu titik a dan b yang berjarak 10 cm. Titik a dan b akan menunjukkan ordinat yang berbeda dalam X dan ordinat yang sama dalam Y, kemudian ordinat X akan dicari selisihnya lalu dikonversikan untuk mengetahui berapa besar 1 pixel dalam millimeter.

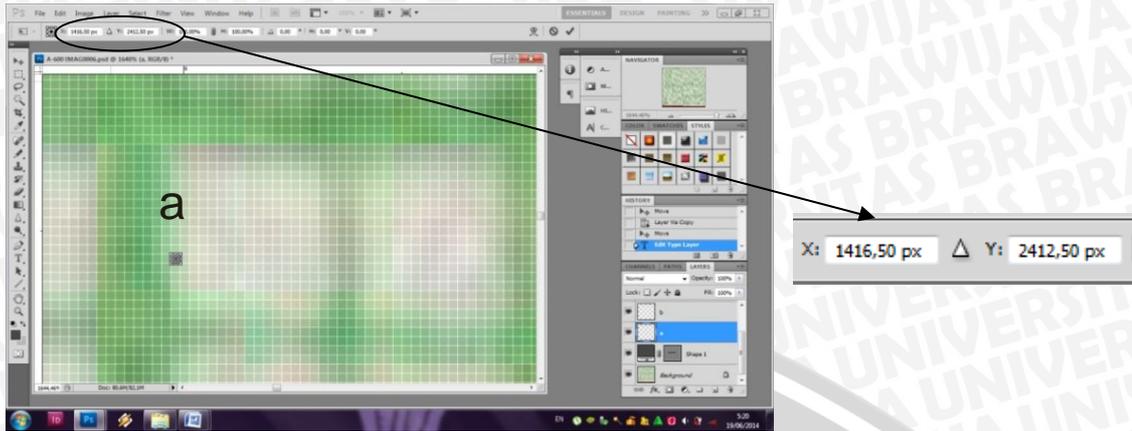
a. Kalibrasi Posisi A

Kalibrasi pertama dilakukan pada posisi A. Posisi A dilakukan dengan kertas millimeter horizontal menghadap atas kemudian pemindaian dilakukan pada permukaan tersebut. Pemindaian pada posisi ini dilakukan beberapa kali kemudian dipilih gambar yang terbaik lalu dibuka dengan Adobe Photoshop, hasil pemindaian pada **Gambar 4.2**. Garis bantu dengan tebal 17 pixel digambarkan terlebih dahulu untuk menandai pangkal hingga ujung jarak 10 cm untuk kalibrasi. Garis ini akan membantu saat menggambarkan titik sebesar 1 pixel di a dan b.

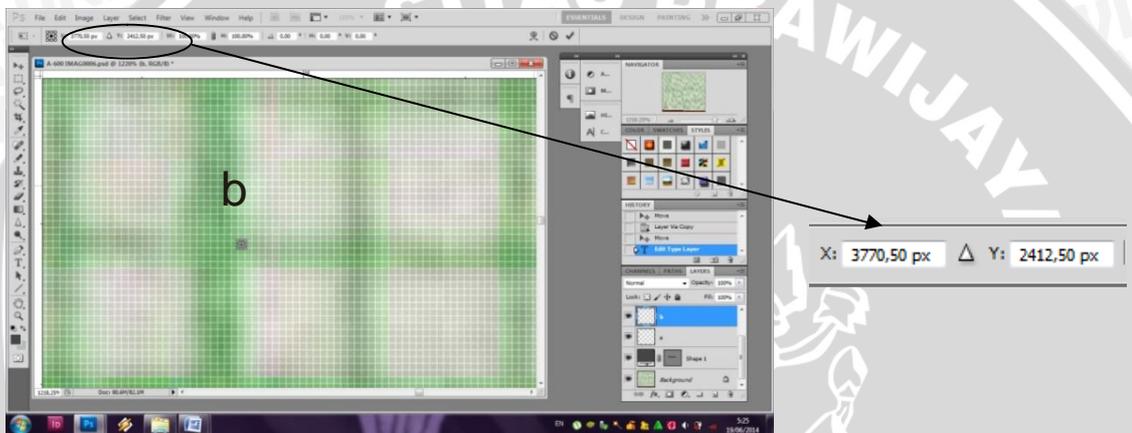


Gambar 4.2 Hasil pemindaian posisi A

Titik sebesar 1 pixel diletakkan di sebelah kanan garis a dan b. Meletakkan titik 1 pixel dilakukan dengan memperbesar terlebih dahulu sampai gambar terkotak-kotak dalam pixel seperti pada **Gambar 4.3** dan **Gambar 4.4**. Kedua titik tersebut berada dalam posisi X yang berbeda dan Y sama yaitu 2412,50 pixel.



Gambar 4.3 Titik a dilihat dengan perbesaran gambar



Gambar 4.4 Titik b dilihat dengan perbesaran gambar

Posisi A pada titik a menunjukkan titik koordinat (1416,50 pixel; 2412,50 pixel). Titik b menunjukkan koordinat (3770,50 pixel; 2412,50 pixel). Konversi 1 pixel dalam millimeter diketahui sebagai berikut:

Xa 1416,50 pixel

Xb 3770,50 pixel

$$3770,50 - 1416,50 = 10\text{cm}$$

$$2354 \text{ pixel} = 100\text{mm}$$

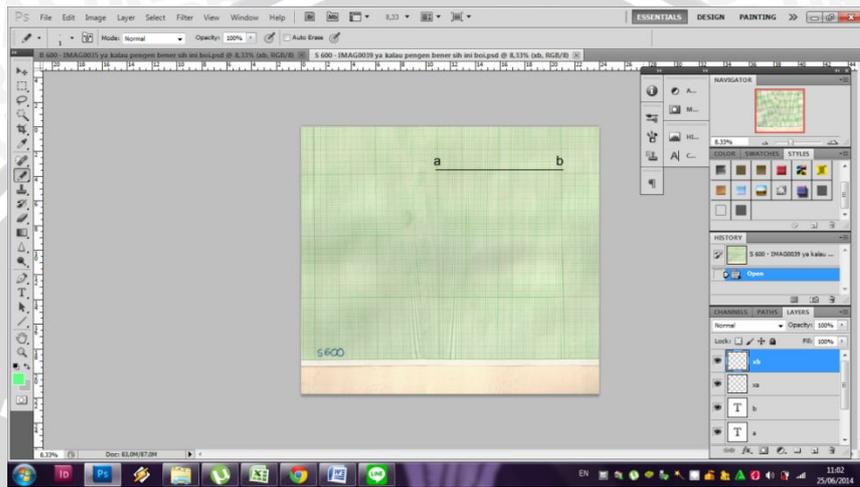
$$1 \text{ pixel} = 0,0425\text{mm}$$

b. Kalibrasi Posisi S

Posisi S adalah posisi kedua setelah posisi A. Posisi S dilakukan dengan kertas millimeter diletakkan dengan posisi vertikal kemudian pemindaian dilakukan pada permukaan milimeter tersebut. Untuk mendapatkan posisi vertikal kertas millimeter ditempelkan di tembok menggunakan selotip. Pemindaian pada posisi ini dilakukan

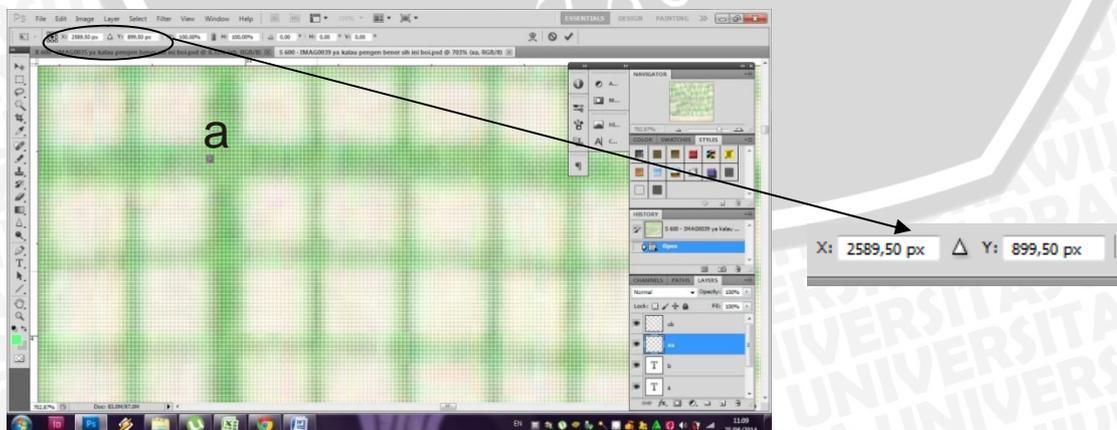


beberapa kali pengulangan untuk mendapat banyak gambar kemudian dipilih yang terbaik. Setelah ketiga gambar diseleksi mana yang paling baik kemudian dibuka dengan Adobe Photoshop, hasil pemindaian pada **Gambar 4.5**. Langkah awal seperti kalibrasi posisi A, garis bantu dengan tebal 17 pixel digambarkan terlebih dahulu untuk menandai pangkal hingga ujung jarak 10 cm. Garis ini akan membantu saat menggambar titik sebesar 1 pixel di a dan b, karena saat pembesaran gambar akan sulit membedakan mana garis yang ditentukan dengan garis lainnya.

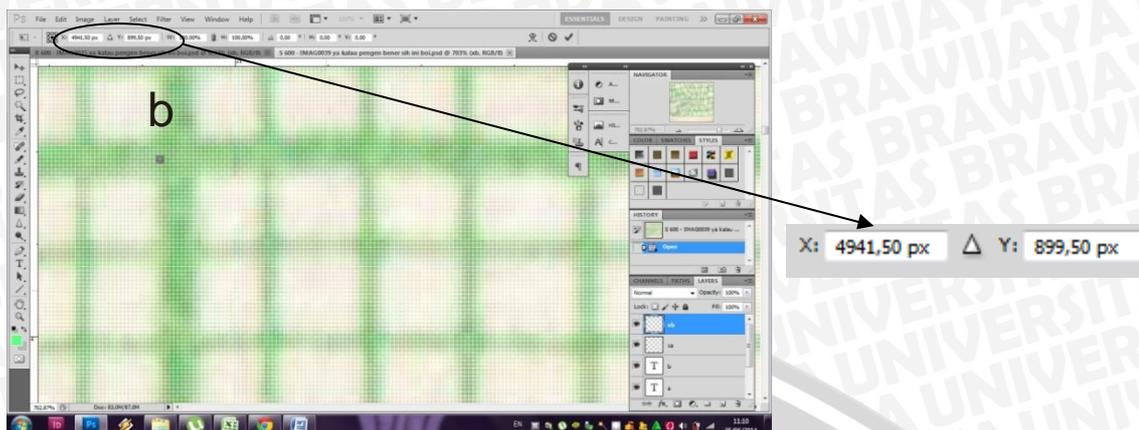


Gambar 4.5 Hasil pemindaian posisi S

Gambar hasil pemindaian tidak sebaik gambar pada posisi A, sama seperti pada posisi B. Oleh karena itu dipilih garis horizontal sepanjang 10 cm yang paling mendekati lurus. Titik sebesar 1 pixel diletakkan di sebelah kanan garis a dan b. Meletakkan titik 1 pixel dilakukan dengan memperbesar terlebih dahulu sampai gambar terkotak-kotak dalam pixel seperti pada **Gambar 4.6** dan **Gambar 4.7**. Kedua titik tersebut berada dalam posisi X yang berbeda dan Y sama yaitu 899,50 pixel.



Gambar 4.6 Perbesaran gambar untuk melihat titik a pada posisi S



Gambar 4.7 Perbesaran gambar untuk melihat titik b pada posisi S

Posisi S pada titik a menunjukkan titik koordinat (2589,50 pixel; 899,50 pixel). Titik b menunjukkan koordinat (4941,50 pixel; 899,50 pixel). Konversi 1 pixel dalam millimeter diketahui sebagai berikut:

Xa 2589,50 pixel

Xb 4941,50 pixel

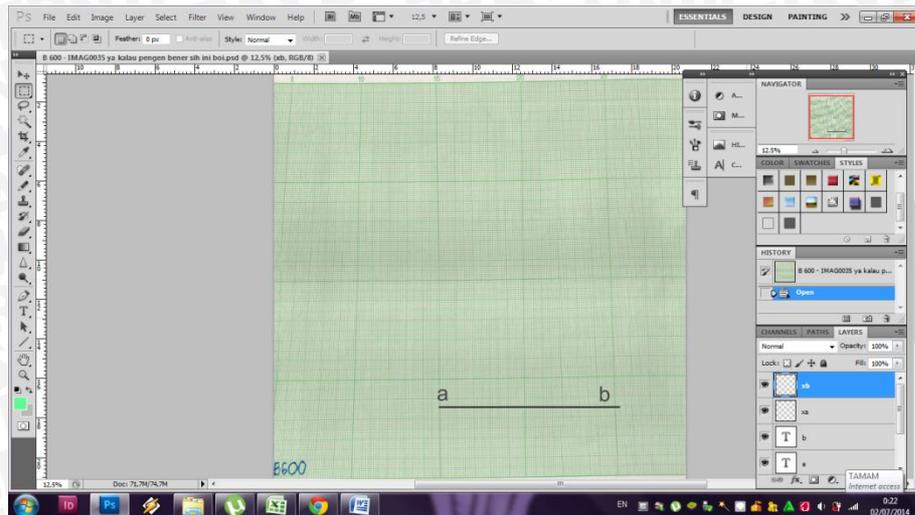
$$4941,50 - 2589,50 = 10\text{cm}$$

$$2352 \text{ pixel} = 100\text{mm}$$

$$1 \text{ pixel} = 0,0425\text{mm}$$

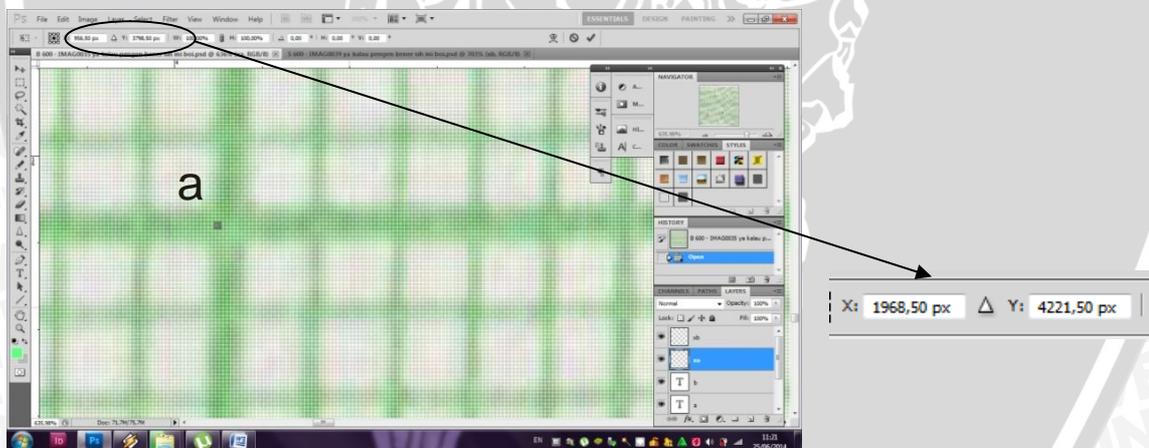
c. Kalibrasi Posisi B

Setelah posisi S selanjutnya dilakukan pada posisi B. Posisi B dilakukan dengan kertas millimeter horizontal menghadap bawah kemudian pemindaian dilakukan pada permukaan tersebut. Pemindaian pada posisi ini dilakukan dua kali pengulangan untuk mendapat beberapa hasil kemudian dipilih yang terbaik kemudian dibuka dengan Adobe Photoshop. Namun dibandingkan kedua posisi lainnya pemindaian posisi B adalah posisi yang paling sulit karena dilakukan tanpa dapat dipantau apakah *scanner* telah menempel ke permukaan millimeter dengan benar, bagaimana kecepatan pemindaian, dan sebagainya. Hasil pemindaian yang dipilih pada **Gambar 4.8**. Langkah awal seperti kalibrasi posisi A, garis bantu dengan tebal 17 pixel digambarkan terlebih dahulu untuk menandai pangkal hingga ujung jarak 10 cm. Garis ini akan membantu saat menggambarkan titik sebesar 1 pixel di a dan b. Pemilihan tempat meletakkan titik dipilih yang paling datar untuk mendapatkan posisi Y yang sama, karena pemindaian dengan posisi B lebih menghadapi banyak kendala dibandingkan posisi A.

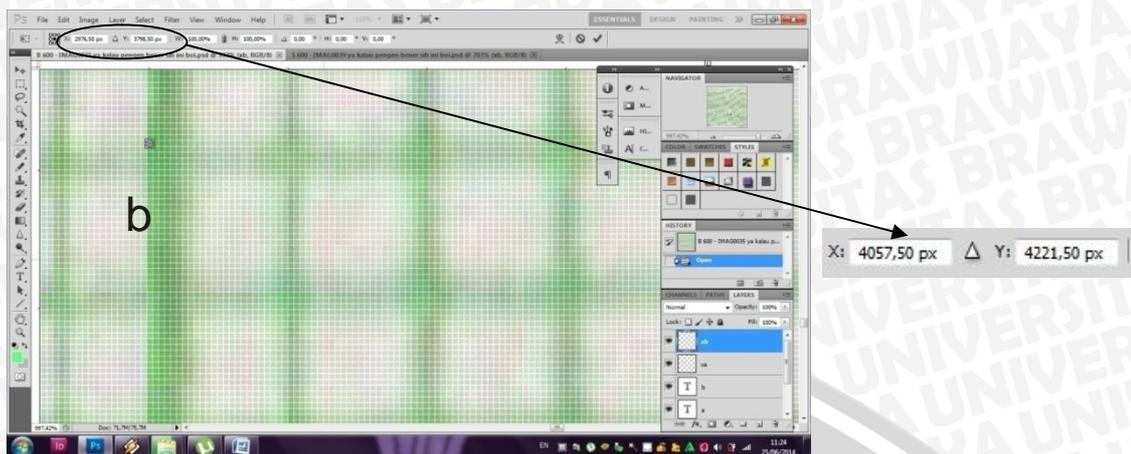


Gambar 4.8 Hasil pemindaian posisi B

Titik sebesar 1 pixel diletakkan di sebelah kanan garis a dan b. Meletakkan titik 1 pixel dilakukan dengan memperbesar terlebih dahulu sampai gambar terkotak-kotak dalam pixel seperti pada **Gambar 4.9** dan **Gambar 4.10**. Kedua titik tersebut berada dalam posisi X yang berbeda dan Y sama yaitu 4221,5 pixel.



Gambar 4.9 Titik a pada posisi B dilihat dengan perbesaran gambar



Gambar 4.10 Titik b pada posisi B dilihat dengan perbesaran gambar

Posisi B pada titik a menunjukkan titik koordinat (1968,50 pixel; 4222,0 pixel). Titik b menunjukkan koordinat (4057,50 pixel; 4222,0 pixel). Konversi 1 pixel dalam millimeter diketahui sebagai berikut:

Xa 1968,50 pixel

Xb 4057,50 pixel

$$4057,50 - 1968,50 = 10\text{cm}$$

2089 pixel = 100mm

1 pixel = 0,0479 mm

4.2 Prosedur Pengukuran Lebar Retak

Portable scanner merupakan salah satu jenis pemindai gambar yang digunakan untuk memindai suatu permukaan dengan menggerakkan *portable scanner*. Alat ini menggunakan baterai sebagai sumber energi. Pada penelitian ini, *portable scanner* digunakan untuk memindai permukaan beton yang telah diberi retak buatan. Jenis *portable scanner* yang digunakan adalah Alfalink izziscan AS 1210.

Langkah pertama pemakaian *portable scanner* baik untuk posisi A, posisi S, maupun B adalah memastikan bahwa baterai telah terpasang. Kemudian *portable scanner* dihidupkan dengan ditekan beberapa saat pada tombol *on/off*-nya. Jika *portable scanner* telah menyala maka layar akan berwarna biru, dengan tampilan pada layar adalah kondisi baterai, resolusi gambar yang dipakai, format gambar yang dipakai, dan berapa jumlah gambar yang sedang tersimpan dalam *SD Card*.

Persiapan awal untuk melakukan *scanning* retak adalah menyiapkan benda uji sesuai posisi yang akan diuji. Benda uji merupakan tiga buah beton campuran 1 : 2 : 3 berukuran 20 x 40 x 8 cm dengan kedalaman retak rencana 4 cm dan lebar retak 1 mm sampai dengan 5 mm, dapat dilihat pada **Gambar 4.11**. Pengukuran lebar retak pertama adalah posisi A dengan retak berada di permukaan atas beton, posisi B dengan retak berada di permukaan bawah beton, dan posisi S dengan retak berada di permukaan samping beton.



Gambar 4.11 Benda uji

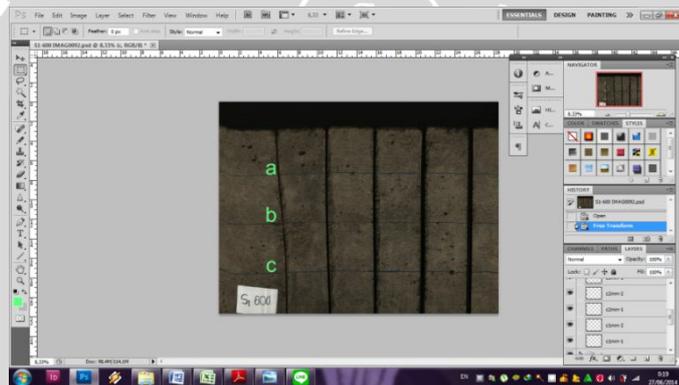
Pada *portable scanner* resolusi dan format gambar disesuaikan kebutuhan, dalam penelitian ini dipakai 600 dpi dan JPEG. Pada layar dasar akan muncul kata *high* bila telah dipilih 600 dpi. *Scanning* dilakukan dengan menekan tombol *on/off* sekali kemudian menjalankan *portable scanner* dari bagian kiri menuju kanan benda uji. Jika telah sampai pada bagian kanan, tekan kembali tombol *on/off* kembali sebagai penanda untuk alat bahwa pengambilan gambar telah selesai dilakukan. Jika ingin melihat terlebih dahulu hasil pemindaian dapat dilihat dalam layar dengan memilih *preview*.

Kerap kali hasil pemindaian yang diperoleh tidak baik, bergelombang atau miring. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan beberapa kali pengambilan gambar sehingga dalam beberapa hasil tersebut bisa dipilih mana yang terbaik. Beberapa kali saat proses pemindaian gambar sempat lampu *error* menyala, meskipun demikian hasil pemindaian tetap baik. Belum ditemukan secara pasti apa penyebabnya namun sebaiknya setelah beberapa kali melakukan pemindaian alat diistirahatkan sekitar 5 hingga 10 menit.

Sebagai *benchmark* lebar retak dari *portable scanner* pada penelitian ini akan digunakan *microcrack detector* dan jangka sorong. Pengukurannya dilakukan sekali

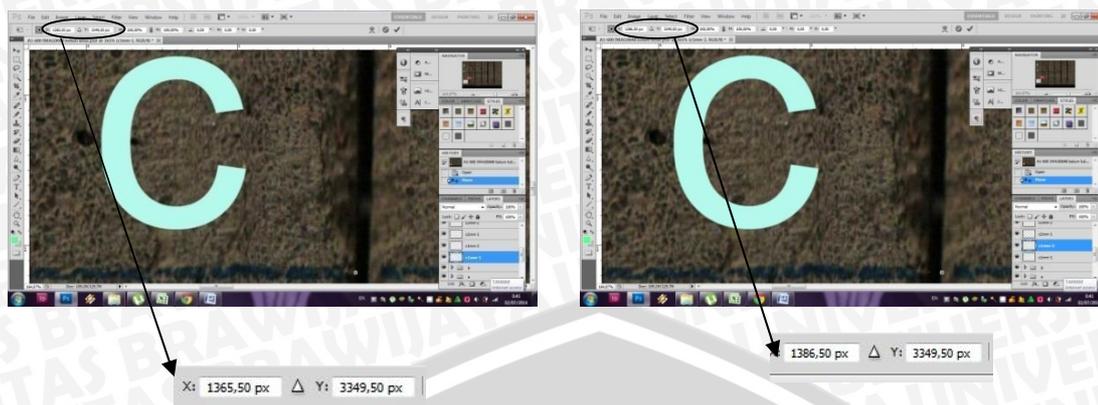
pada posisi A saja pada masing-masing tempat yang ditandai setiap benda uji. Jangka sorong yang digunakan adalah jangka sorong tipe M *digital*, menggunakan rahang dalam. Lebar retak absolut 1 mm sampai dengan 3 mm diperoleh dengan dua kali pengukuran yaitu dari *microcrack detector* dan jangka sorong. Lebar retak 4 mm sampai dengan 5 mm diukur dengan jangka sorong, karena *microcrack detector* hanya mampu mengukur sampai dengan 4 mm.

Langkah selanjutnya setelah pemindaian adalah memindahkan hasil pemindaian dari SD card dalam *portable scanner* ke komputer. Gambar dipilih yang terbaik, kemudian dibuka menggunakan perangkat lunak pengolah gambar Adobe Photoshop. Perhitungan untuk memperoleh data untuk **Tabel 4.1**, misal diambil contoh lebar retak 1 mm c posisi A terukur 0,893 mm. Pada sisi kiri benda uji dituliskan a, b, dan c seperti **Gambar 4.12** sebagai nama garis yang digunakan untuk menandai daerah yang akan diukur lebar retaknya.



Gambar 4.12 Benda uji dengan garis a, b, dan c

Titik sebesar 1 pixel diletakkan di tepi dalam daerah lebar retak dalam posisi Y sama. Untuk memudahkan perletakan agar posisinya tepat di tepi-tepi lebar retak dapat dilakukan perbesaran gambar sampai ukuran yang diperlukan seperti pada **Gambar 4.13**. Jika sudah berada pada posisi yang benar, gunakan Ctrl+T untuk mengetahui berada di posisi mana kedua titik tersebut.



Gambar 4.13 Koordinat lebar retak

Ditunjukkan pada **Gambar 4.13** adalah koordinat kedua titik, untuk titik kiri retak (1365,50 pixel; 3349,50 pixel) dan titik kanan retak (1386,50 pixel; 3349,50 pixel). Lebar retak adalah $1386,50 - 1365,50 = 21$ pixel. Kalibrasi pada awal penelitian dengan posisi A menunjukkan bahwa $1 \text{ pixel} = 0,0425 \text{ mm}$, sehingga lebar retak adalah $21 \times 0,0425 = 0,893 \text{ mm}$. Langkah yang sama dilakukan untuk pengukuran lebar retak yang lain.

4.3 Hasil Pengujian

a. Posisi A

Pemindaian untuk posisi A dilakukan dengan menghadapkan sisi retak buatan ke atas. Setiap benda uji digambarkan tiga garis a, b, dan c sebagai penanda daerah yang akan diukur lebar retaknya. Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa *scanning* dilakukan dari kiri ke kanan. Setiap pemindaian dilakukan minimal tiga kali seperti halnya saat kalibrasi karena meski gambar hasil pemindaian yang terrekam dalam *portable scanner* dapat dilihat terlebih dahulu namun tidak dapat dilakukan pembesaran maksimal seperti di komputer sehingga tidak dapat dilihat apakah gambar hasil pemindaian sudah baik atau belum.

Pemindaian posisi A dilakukan pertama kali karena paling mudah dilakukan. Ketiga benda uji dipindai dalam posisi A semua terlebih dahulu. Gambar pemindaian dipilih yang terbaik lalu diukur lebar retaknya kemudian dicatat dalam **Tabel 4.1**. Pengukuran lebar retak absolut menggunakan jangka sorong dan microcrack detector diukur setelah melakukan pemindaian. Hasil pengukuran juga dicatat dalam **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran lebar retak

Benda Uji	Lebar (mm)	Pengukuran Lebar Retak Permukaan Beton								
		Microcrack Detector (mm)			Jangka Sorong (mm)			Portable Scanner		
		a	b	c	A	b	c	a	b	c
1	1	0,9	1	0,96	1,01	0,96	0,98	0,978	0,850	0,893
	2	2,08	2,1	2,04	2,08	2,1	2,09	1,998	1,998	1,955
	3	2,86	2,96	2,92	2,94	2,99	2,93	2,593	2,805	3,060
	4				3,98	4	4,06	3,825	3,825	3,825
	5				5,07	5,04	5,09	5,100	5,015	4,718
2	1	1	1	0,96	1,02	0,95	0,97	0,935	0,935	1,148
	2	1,92	1,94	1,9	2,01	1,96	1,92	1,870	1,785	1,998
	3	2,9	2,94	2,96	2,95	2,98	3	2,763	3,018	3,188
	4				3,91	4,05	3,82	4,208	3,825	3,655
	5				5,06	5,05	4,94	5,483	5,228	5,100
3	1	0,9	0,86	0,92	0,94	0,89	0,92	0,850	0,850	0,850
	2	2	1,94	2	2,02	1,98	2,01	1,870	1,955	1,870
	3	2,92	2,88	2,86	2,95	2,94	2,92	3,145	2,720	2,380
	4				4,09	4,04	4,03	3,953	3,995	4,123
	5				5,04	5,03	4,99	5,185	4,590	4,633

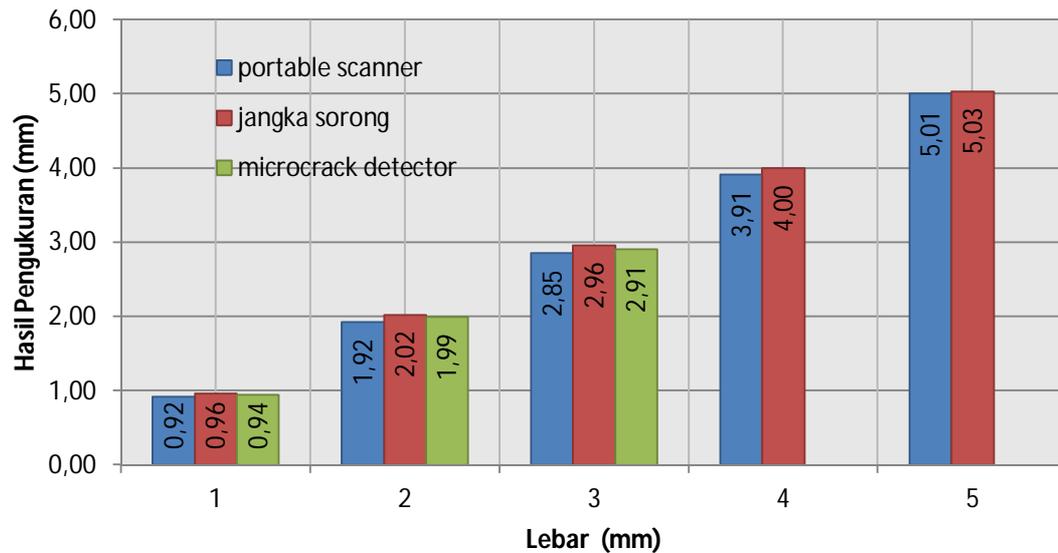
Konversi posisi A adalah 1 pixel sama dengan 0,0425 mm. Tiga nilai pengukuran lebar retak a, b, dan c kemudian di rata-rata untuk memperoleh nilai lebar retak masing-masing. Kemudian, nilai-nilai tersebut dirata-rata untuk masing-masing lebar retak 1 mm hingga 5 mm, dibandingkan dalam **Tabel 4.2** dan **Tabel 4.3** dengan jangka sorong dan *microcrack detector*.

Tabel 4.2 Perbandingan lebar retak dengan jangka sorong

Lebar	Jangka Sorong Lebar retak (mm)	Portable Scanner
		Posisi A Lebar retak (mm)
1	0,96	0,92
2	2,02	1,92
3	2,96	2,85
4	4,00	3,91
5	5,03	5,01

Tabel 4.3 Perbandingan lebar retak dengan *microcrack detector*

Lebar	Microcrack Detector	<i>Portable Scanner</i>
	Lebar retak (mm)	Posisi A Lebar retak (mm)
1	0,94	0,92
2	1,99	1,92
3	2,91	2,85

**Gambar 4.14** Pengukuran lebar retak posisi A

Berdasarkan **Gambar 4.14**, diketahui bahwa lebar retak tidak ada yang terukur sama meski dalam satu lokasi. Lebar retak 1 mm hingga 3 mm nilai yang diperoleh dari *portable scanner* merupakan hasil terkecil, kemudian *microcrack detector*, lalu jangka soronglah yang terbesar. Nilai lebar 4 mm dan 5 mm juga demikian, namun tanpa adanya nilai dari *microcrack detector*.

Posisi A dilakukan tanpa menghadapi banyak kendala. Beberapa pemindaian menghasilkan gambar yang kurang baik namun dapat diatasi karena proses pemindaian yang mudah dipantau.

b. Posisi S

Pemindaian posisi S merupakan posisi kedua yang dilakukan. Posisi ini dilakukan dengan meletakkan beton dalam posisi vertikal sehingga retak berada di samping benda uji. Pada masing-masing ujung benda uji diletakkan balok-balok kayu

seukuran untuk usuk yang telah dipotong-potong agar member jarak dari beton ke lantai sehingga pemindaian dapat meraih seluruh permukaan.

Seperti juga pada posisi A, setelah semua benda uji dalam posisi vertikal dan *portable scanner* telah siap pakai maka *scanning* dapat dilakukan. Gambar pemindaian dipilih yang terbaik lalu diukur lebar retaknya kemudian dicatat dalam **Tabel 4.4**.

Pengukuran lebar retak absolut menggunakan jangka sorong dan *microcrack detector* tidak dilakukan kembali karena hanya dilakukan dalam posisi A, sehingga data yang digunakan sama seperti **Tabel 4.1**.

Tabel 4.4 Hasil pengukuran lebar retak

Benda Uji	Lebar (mm)	Pengukuran Lebar Retak Permukaan Beton								
		Microcrack Detector (mm)			Jangka Sorong (mm)			Portable Scanner		
		a	b	C	a	b	c	a	b	c
1	1	0,9	1	0,96	1,01	0,96	0,98	0,978	1,105	0,850
	2	2,08	2,1	2,04	2,08	2,1	2,09	1,998	1,998	1,955
	3	2,86	2,96	2,92	2,94	2,99	2,93	3,103	3,018	2,805
	4				3,98	4	4,06	4,165	3,698	3,825
	5				5,07	5,04	5,09	5,143	5,440	4,845
2	1	1	1	0,96	1,02	0,95	0,97	1,020	0,850	0,978
	2	1,92	1,94	1,9	2,01	1,96	1,92	1,615	1,913	1,955
	3	2,9	2,94	2,96	2,95	2,98	3	2,678	3,018	3,103
	4				3,91	4,05	3,82	4,633	4,123	3,485
	5				5,06	5,05	4,94	5,653	5,058	4,590
3	1	0,9	0,86	0,92	0,94	0,89	0,92	0,978	0,935	0,893
	2	2	1,94	2	2,02	1,98	2,01	2,168	1,913	1,785
	3	2,92	2,88	2,86	2,95	2,94	2,92	2,933	3,060	2,253
	4				4,09	4,04	4,03	3,953	3,995	3,613
	5				5,04	5,03	4,99	5,058	5,015	5,228

Perolehan data sama seperti pada posisi A, konversi 1 pixel menjadi millimeter disesuaikan dengan perolehan kalibrasi untuk posisi S. Namun telah dikalibrasikan bahwa 1 pixel sama dengan 0,0425 mm, sama seperti posisi A.

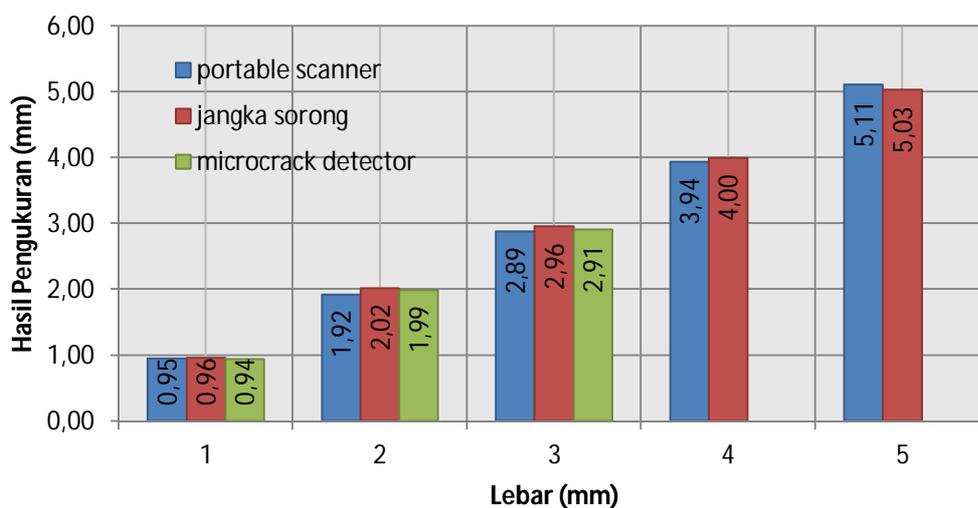
Tiga nilai pengukuran lebar retak a, b, dan c kemudian di rata-rata untuk memperoleh nilai lebar retak masing-masing. Kemudian, nilai-nilai tersebut dirata-rata untuk masing-masing lebar retak 1 mm hingga 5 mm, dibandingkan dalam **Tabel 4.5** dan **Tabel 4.6** dengan jangka sorong dan *microcrack detector*.

Tabel 4.5 Perbandingan lebar retak dengan jangka sorong

Lebar	Jangka Sorong	Portable Scanner	Portable Scanner
		Posisi A	Posisi S
	Lebar retak (mm)	Lebar retak (mm)	Lebar retak (mm)
1	0,96	0,92	0,954
2	2,02	1,92	1,922
3	2,96	2,85	2,885
4	4,00	3,91	3,943
5	5,03	5,01	5,114

Tabel 4.6 Perbandingan lebar retak dengan *microcrack detector*

Lebar	Microcrack Detector	Portable Scanner	Portable Scanner
		Posisi A	Posisi S
	Lebar retak (mm)	Lebar retak (mm)	Lebar retak (mm)
1	0,94	0,92	0,95
2	1,99	1,92	1,92
3	2,91	2,85	2,89

**Gambar 4.15** Pengukuran lebar retak posisi S

Berdasarkan **Gambar 4.15**, diketahui bahwa lebar retak tidak ada yang terukur sama meski dalam satu lokasi. Hal ini disebabkan ketelitian berbeda-beda yang dimiliki masing-masing alat. Pada lebar 2 mm dan 3 mm memiliki pola yang sama yaitu nilai lebar tertinggi diukur menggunakan jangka sorong, kemudian *microcrack detector*, lalu *portable scanner* yang memiliki nilai terkecil. Lebar 4 mm juga memiliki pola demikian namun tanpa nilai dari *microcrack detector*. Sementara untuk lebar 1 mm nilai retak *portable scanner* terukur lebih besar dari jangka sorong, kemudian *microcrack detector*.

lah yang terkecil. Lebar 5 mm juga demikian namun tanpa hasil lebar dari *microcrack detector*.

Pada posisi S beberapa kali *portable scanner* tidak menyala sehingga menjadi kendala. Belum diketahui secara pasti mengapa terjadi namun setelah beberapa kali percobaan pemindaian dapat kembali dilakukan. Selain itu, posisi *portable scanner* yang menurun di tengah bentang beton menjadikan gambar yang diperoleh bergelombang.

c. Posisi B

Posisi B merupakan posisi yang terakhir dilakukan karena diperkirakan lebih sulit dilakukan dibandingkan posisi lainnya. Posisi ini dilakukan dengan meletakkan beton dalam posisi tertelungkup sehingga retak berada di bagian bawah benda uji. Pada masing-masing ujung benda uji diletakkan balok-balok kayu seukuran untuk usuk yang telah dipotong-potong agar member jarak dari beton ke lantai sehingga tangan dan *portable scanner* dapat masuk dan pemindaian dapat dilakukan di permukaan yang terdapat retak.

Jika seluruh benda uji telah siap dan *portable scanner* juga telah siap pakai maka *scanning* dapat dilakukan. Gambar pemindaian dipilih yang terbaik lalu diukur lebar retaknya kemudian dicatat dalam **Tabel 4.7**. Seperti halnya posisi S, pengukuran lebar retak absolut menggunakan jangka sorong dan *microcrack detector* tidak dilakukan kembali karena hanya dilakukan dalam posisi A.

Tabel 4.7 Hasil pengukuran lebar retak

Benda Uji	Lebar (mm)	Pengukuran Lebar Retak Permukaan Beton								
		Microcrack Detector (mm)			Jangka Sorong (mm)			Portable Scanner		
		a	b	C	a	b	c	Posisi B (mm)		
							a	b	c	
1	1	0,9	1	0,96	1,01	0,96	0,98	0,862	1,054	0,814
	2	2,08	2,1	2,04	2,08	2,1	2,09	2,108	1,964	1,868
	3	2,86	2,96	2,92	2,94	2,99	2,93	2,970	2,922	3,209
	4				3,98	4	4,06	4,072	3,976	3,784
	5				5,07	5,04	5,09	5,509	5,413	4,982
2	1	1	1	0,96	1,02	0,95	0,97	0,910	0,958	1,102
	2	1,92	1,94	1,9	2,01	1,96	1,92	2,108	1,916	1,916
	3	2,9	2,94	2,96	2,95	2,98	3	2,970	3,066	3,114
	4				3,91	4,05	3,82	3,880	3,976	4,359
	5				5,06	5,05	4,94	5,173	5,173	5,317

Lanjutan Tabel 4.7 Hasil pengukuran lebar retak

Benda Uji	Lebar (mm)	Pengukuran Lebar Retak Permukaan Beton								
		Microcrack Detector (mm)			Jangka Sorong (mm)			Portable Scanner		
		a	b	C	a	b	c	a	b	c
3	1	0,9	0,86	0,92	0,94	0,89	0,92	1,006	0,910	0,862
	2	2	1,94	2	2,02	1,98	2,01	2,012	2,203	1,868
	3	2,92	2,88	2,86	2,95	2,94	2,92	2,778	2,635	3,018
	4				4,09	4,04	4,03	4,167	4,215	4,263
	5				5,04	5,03	4,99	5,317	5,125	5,365

Konversi 1 pixel menjadi millimeter disesuaikan dengan perolehan kalibrasi untuk posisi B yaitu 1 pixel sama dengan 0,0479 mm. Tiga nilai pengukuran lebar retak a, b, dan c kemudian di rata-rata untuk memperoleh nilai lebar retak masing-masing. Kemudian nilai-nilai tersebut dirata-rata sehingga masing-masing lebar retak hanya memiliki satu nilai, lalu dibandingkan dalam **Tabel 4.8** dan **Tabel 4.9** dengan jangka sorong dan *microcrack detector*.

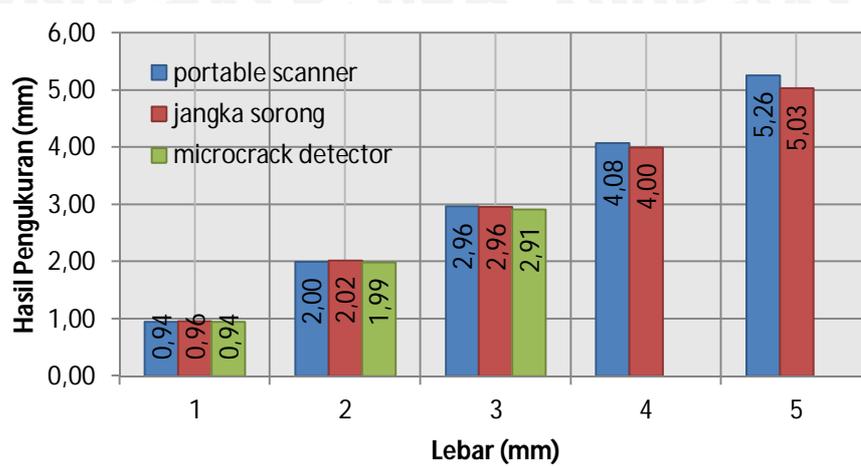
Tabel 4.8 Perbandingan lebar retak dengan jangka sorong

Lebar	Jangka Sorong	Portable Scanner
	Lebar retak (mm)	Posisi B Lebar retak (mm)
1	0,96	0,942
2	2,02	1,996
3	2,96	2,964
4	4,00	4,077
5	5,03	5,264

Tabel 4.9 Perbandingan lebar retak dengan *microcrack detector*

Lebar	Microcrack Detector	Portable Scanner
	Lebar retak (mm)	Posisi B Lebar retak (mm)
1	0,94	0,94
2	1,99	2,00
3	2,91	2,96

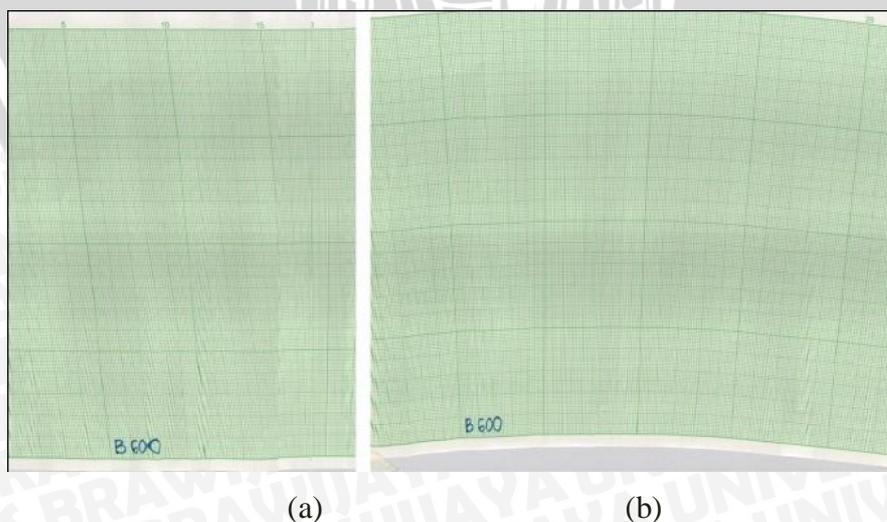
Agar lebih mudah dibandingkan, data disajikan dalam **Gambar 4.21**. Gambar tersebut membandingkan langsung ketiga hasil pengukuran alat.



Gambar 4.16 Pengukuran lebar retak posisi B

Pada **Gambar 4.16** dapat dilihat bahwa seperti halnya kedua posisi sebelumnya tidak ada dalam satu lokasi yang terukur sama. Hanya pada lebar retak 1 mm *portable scanner* dan *microcrack detector* menunjukkan hasil yang sama yaitu 0,94 mm. Kemudian pada lebar 3 mm *portable scanner* dan jangka sorong menunjukkan hasil yang sama juga yakni 2,96 mm. Lebar retak 4 mm dan 5 mm yang diukur dengan *portable scanner* dan jangka sorong saja menunjukkan nilai lebar terukur lebih besar diukur dengan *portable scanner*.

Beberapa kendala juga terjadi pada saat pemindaian posisi B, termasuk kendala yang dihadapi saat pemindaian posisi A dan S. Beberapa kali dilakukan pemindaian gagal karena lampu *scanning* tidak menyala. Masalah lain adalah *portable scanner* yang memindai dengan posisi yang berbeda saat di awal dan di tengah bentang sehingga hasilnya seperti **Gambar 4.17 (b)**.



Gambar 4.17 Kegagalan pemindaian karena (a) *portable scanner* ujung dan pangkal tidak bergerak bersama (b) *portable scanner* bergerak bergelombang

Kendala lainnya adalah jika *portable scanner* bagian atas dan bawahnya tidak dapat bergerak bersama. *Portable scanner* atas bergerak lebih dahulu dibandingkan yang bawah sehingga gambar hasil pemindaian miring seperti **Gambar 4.17 (a)**.

4.4 Pembahasan

4.4.1 Kesalahan Relatif

Perbedaan lebar retak *portable scanner* dengan *microcrack detector* dan jangka sorong ditunjukkan dalam uji kesalahan relatif. Kesalahan relatif diperoleh dari selisih ukuran lebar dibandingkan ukuran lebar absolut. Kesalahan relatif pada tiap lebar retak benda uji 1, 2, dan 3 dirata-rata, begitu juga dengan lebar retak absolut dari jangka sorong dan *microcrack detector*. Melalui persamaan (3-1), (3-2), dan (3-3) diperoleh kesalahan relatif dalam bentuk prosentase.

Hasil perhitungan kesalahan relatif terhadap jangka sorong ditunjukkan pada **Tabel 4.10**, sementara kesalahan relatif terhadap *microcrack detector* pada **Tabel 4.11**.

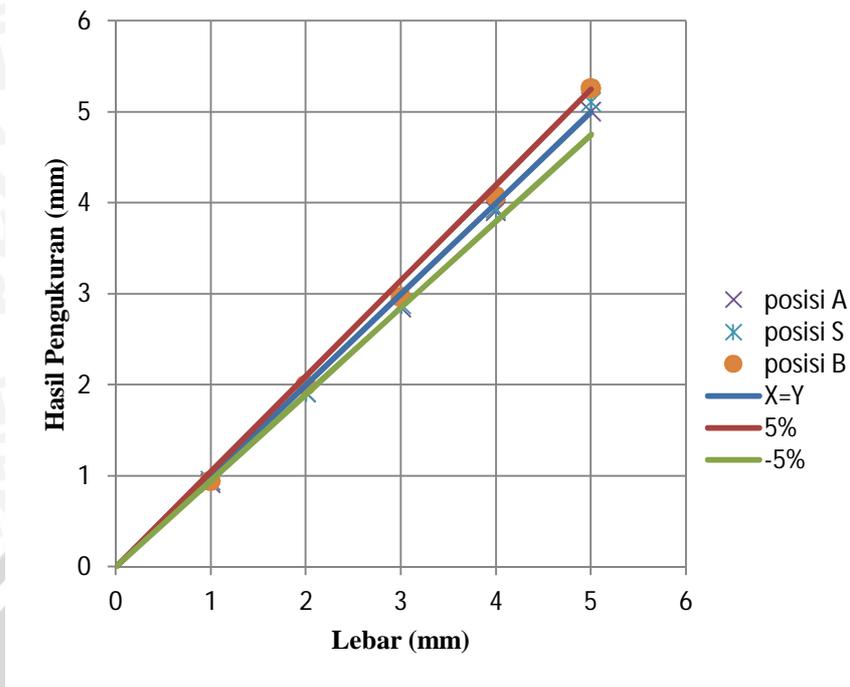
Tabel 4.10 Kesalahan relatif terhadap jangka sorong

Lebar	Jangka Sorong	<i>Portable scanner</i>			KR A (%)	KR S (%)	KR B (%)
		Posisi A	Posisi S	Posisi B			
		Σ Lebar retak (mm)	Lebar retak (mm)	Lebar retak (mm)			
1	0,96	0,921	0,954	0,942	4,1	0,6	1,9
2	2,019	1,922	1,922	1,996	4,8	4,8	1,1
3	2,956	2,852	2,885	2,964	3,5	2,4	0,3
4	3,998	3,915	3,943	4,077	2,1	1,4	2,0
5	5,034	5,006	5,114	5,264	0,6	1,6	4,6

Tabel 4.11 Kesalahan relatif terhadap *microcrack detector*

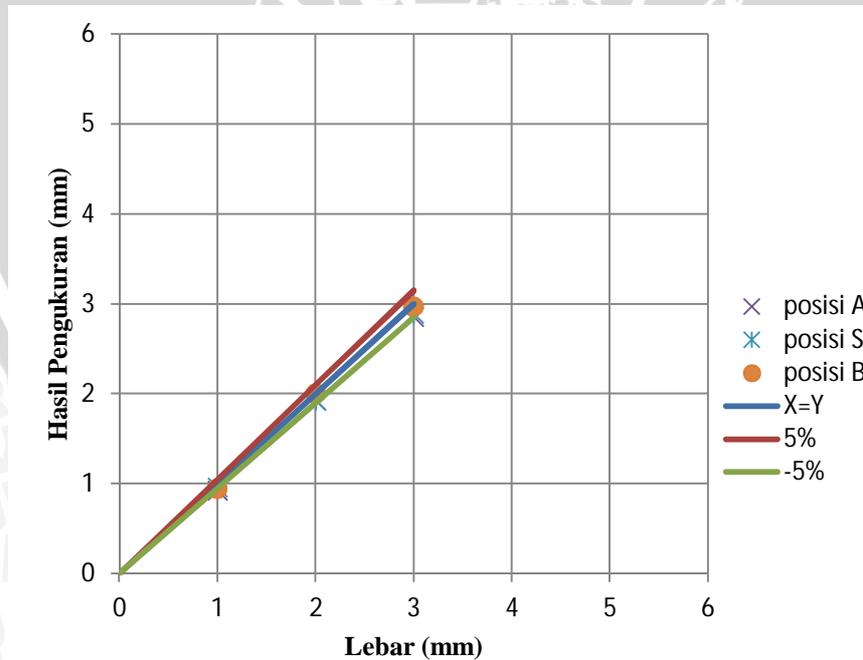
Lebar	Microcrack Detector	<i>Portable Scanner</i>			Kr A (%)	Kr S (%)	Kr B (%)
		Posisi A	Posisi S	Posisi B			
		Σ Lebar retak (mm)	Lebar retak (mm)	Lebar retak (mm)			
1	0,94	0,92	0,95	0,94	2,5	1,0	0,3
2	1,99	1,92	1,92	2,00	3,5	3,5	0,2
3	2,91	2,85	2,89	2,96	2,0	0,9	1,8

Pada **Tabel 4.10** dan **Tabel 4.11** Tidak terdapat kesalahan relatif lebih dari 5%. Kesalahan relatif tertinggi adalah 4,8% untuk perbandingan dengan jangka sorong. Pada **Gambar 4.21** terlihat bahwa lebar terukur masih di dalam batas toleransi.



Gambar 4.18 Kesalahan relatif terhadap jangka sorong

Begitupun untuk **Gambar 4.18**. Sesuai lebar maksimum yang dapat diukur *microcrack detector*, maka hanya akan digambarkan kesalahan relatif hingga 3 mm.



Gambar 4.19 Kesalahan relatif terhadap *microcrack detector*

Pada **Gambar 4.19** juga digambarkan grafik +5% dan -5% sebagai batas toleransi. Namun terlihat bahwa pada setiap hasil pengukuran tidak ada yang keluar dari batas toleransi.

Pengukuran retak pada posisi B di lapangan merupakan pengukuran yang paling sulit dilakukan. Kebanyakan jika pembacaan dilakukan menggunakan *microcrack detector*, masalah ada pada bagaimana mencapai letak retak tersebut. Jika retak telah dicapainya pembacaan belum tentu dapat dilakukan dengan mudah dan tanpa melukai mata. Melihat bagaimana kesalahan relatif pada posisi B cukup kecil, maka disarankan untuk menggunakan *portable scanner* untuk pengukuran retak karena pengukuran tidak harus dilakukan di lapangan.

4.4.2 Uji Hipotesa

Pengujian hipotesis dilakukan untuk mengetahui perbedaan hasil pengukuran lebar retak buatan menggunakan *portable scanner* dan jangka sorong dengan variasi posisi pemindaian. Pengujian varian satu arah dianalisa dengan membandingkan F_{hitung} dan F_{tabel} . Apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak, jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 diterima.

F_{tabel} didapatkan dari tabel F sesuai dengan nilai α dan derajat kebebasan. Nilai α yang digunakan pada pengolahan data penelitian ini adalah 0,05. F_{hitung} diperoleh dari rumus (3-6), (3-7), dan (3-8).

Perhitungan uji F menggunakan data lebar retak 1 mm. Pengujian dilakukan empat kali yaitu perbandingan ketiga alat dalam posisi A, S, B, dan menggunakan *portable scanner* pada posisi A, S, dan B.

a. Posisi A

Tabel 4.12 Uji F posisi A

Sumber Varian (SV)	JK	db	KR	F_{hitung}	F_{tabel}
Antar (A)	0,007	2	0,0035	0,7576	3,402
Dalam (D)	0,111	27	0,005		
Total (T)	0,118	29			

Hasil Uji F posisi A diperoleh F_{hitung} 0,7576. F_{tabel} adalah 3,402 diperoleh dari tabel nilai kritis distribusi-F. Karena $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka untuk posisi A H_0 diterima, sehingga tidak terdapat perbedaan hasil pengukuran lebar retak menggunakan *portable scanner*, *microcrack detector*, dan jangka sorong pada posisi A.

b. Posisi S

Tabel 4.13 Uji F posisi S

Sumber Varian (SV)	JK	db	KR	F _{hitung}	F _{tabel}
Antar (A)	0,001	2	0,0006	0,1480	3,402
Dalam (D)	0,090	27	0,004		
Total (T)	0,091	29			

Hasil Uji F posisi S diperoleh F_{hitung} 0,1480. F_{tabel} adalah 3,402 diperoleh dari tabel nilai kritis distribusi-F. Karena $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka untuk posisi S H_0 diterima, sehingga tidak terdapat perbedaan hasil pengukuran lebar retak menggunakan *portable scanner*, *microcrack detector*, dan jangka sorong pada posisi S.

c. Posisi B

Tabel 4.14 Uji F posisi B

Sumber Varian (SV)	JK	db	KR	F _{hitung}	F _{tabel}
Antar (A)	0,002	2	0,001	0,2633	3,402
Dalam (D)	0,094	27	0,004		
Total (T)	0,096	29			

Hasil Uji F posisi S diperoleh F_{hitung} 0,2633. F_{tabel} adalah 3,402 diperoleh dari tabel nilai kritis distribusi-F. Karena $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka untuk posisi S H_0 diterima, sehingga tidak terdapat perbedaan hasil pengukuran lebar retak menggunakan *portable scanner*, *microcrack detector*, dan jangka sorong pada posisi S.

d. Portable Scanner

Tabel 4.15 Uji F *portable scanner*

Sumber Varian (SV)	JK	db	KR	F _{hitung}	F _{tabel}
Antar (A)	0,005	2	0,0025	0,2971	3,402
Dalam (D)	0,204	27	0,008		
Total (T)	0,209	29			

Hasil Uji F *portable scanner* untuk tiap posisi diperoleh F_{hitung} 0,2971. F_{tabel} adalah 3,402 diperoleh dari tabel nilai kritis distribusi-F. Karena $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka untuk uji hipotesa *portable scanner* H_0 diterima, sehingga tidak terdapat perbedaan hasil pengukuran lebar retak menggunakan *portable scanner* dengan variasi posisi pemindaian.

Berdasarkan ketiga hasil uji F dapat diketahui bahwa pada masing-masing posisi pemindaian jika dibandingkan dengan alat yang sudah lebih dahulu digunakan untuk pengukuran retak yaitu *microcrack detector* dan jangka sorong tidak terdapat banyak

perbedaan yang signifikan untuk pengukuran dengan *portable scanner*. Alat ini dalam beberapa hal lebih praktis digunakan meskipun melalui cara yang lebih panjang dan langkah yang digunakan lebih hati-hati. Uji F terakhir yaitu bagaimana jika dibandingkan dengan ketiga posisi menggunakan *portable scanner*, juga tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

